

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-052970

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl.

H01G 9/058

H01G 9/155

(21)Application number : 11-226716

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 10.08.1999

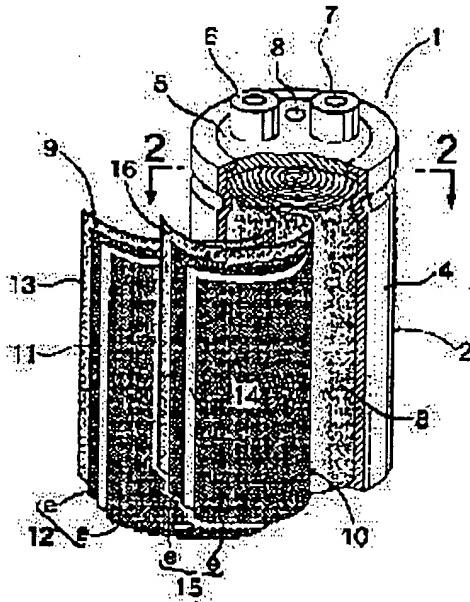
(72)Inventor : KOYAMA SHIGEKI
NOGUCHI MINORU

(54) CYLINDRICAL ELECTRIC DOUBLE-LAYERED CAPACITOR

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress deterioration in performance as much as possible, caused by expansion of band-like positive and negative poles due to charging, related to a cylindrical electric double-layered capacitor.

SOLUTION: Related to a cylindrical electric double-layered capacitor 1, one separator 16 is inserted between band-like positive and negative poles 12 and 15 which expand by charging. An electrode winding body 3, wherein one of the band-like positive and negative poles 12 and 15 is laminated on another separator 13, which is wound in spiral so as to be positioned on the outermost side, and a vessel 2 for housing the electrode winding body 3, are provided. The thickness of the band-like positive and negative poles 12 and 15 decreases, processing from a winding-start side to a winding-end side.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-52970

(P2001-52970A)

(43)公開日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 G 9/058
9/155

識別記号

F I

H 01 G 9/00

テマコト^{*}(参考)

3 0 1 A
3 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数1 O.L (全8頁)

(21)出願番号

特願平11-226716

(22)出願日

平成11年8月10日(1999.8.10)

(71)出願人 00000:326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 小山 茂樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 野口 実

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74)代理人 100071870

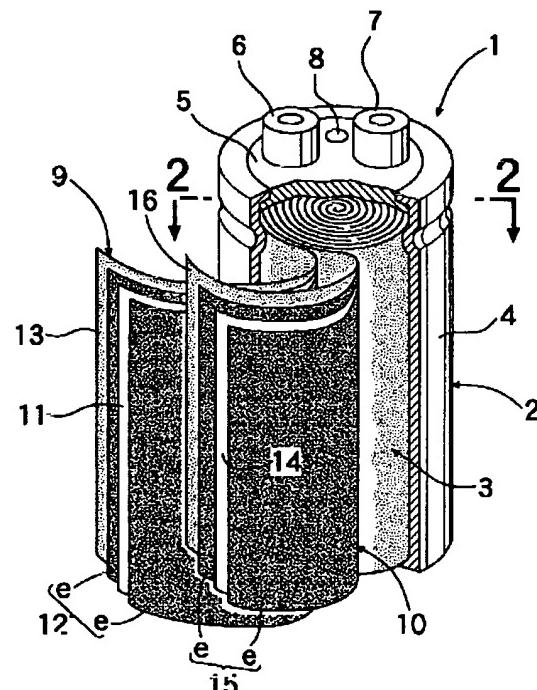
弁理士 落合 健 (外1名)

(54)【発明の名称】 円筒型電気二重層コンデンサ

(57)【要約】

【課題】 円筒型電気二重層コンデンサにおいて、充電による帶状正、負極の膨脹に起因した性能の劣化を極力抑制する。

【解決手段】 円筒型電気二重層コンデンサ1は、充電により膨脹する帶状正、負極12、15間に1つのセパレーター16を介在させ、また帶状正、負極12、15の一方に別のセパレーター13を重ね合せた重ね合せ物を、前記別のセパレーター13が最外側に位置するように渦巻状に巻回した電極巻回体3と、その電極巻回体3を収容する容器2を備えている。帶状正、負極12、15の厚さは、巻始め側から巻終り側に向って減少している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】充電により膨脹する帯状正、負極(12, 15)間に1つのセパレータ(16)を介在させ、また前記帯状正、負極(12, 15)の一方に別のセパレータ(13)を重ね合せた重ね合せ物を、前記別のセパレータ(13)が最外側に位置するように渦巻状に巻回した電極巻回体(3)と、その電極巻回体(3)を収容する容器(2)を備えた円筒型電気二重層コンデンサにおいて、前記正、負極(12, 15)の厚さを、巻始め側から巻終り側に向って減少させたことを特徴とする円筒型電気二重層コンデンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は円筒型電気二重層コンデンサ、特に、充電により膨脹する帯状正、負極間に1つのセパレータを介在させ、また帯状正、負極の一方に別のセパレータを重ね合せた重ね合せ物を、前記別のセパレータが最外側に位置するように渦巻状に巻回した電極巻回体と、その電極巻回体を収容する容器を備えた円筒型電気二重層コンデンサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、前記帯状正、負極は、活性炭を主成分として全体に亘り均一厚さに形成されている。また前記のように充電により膨脅する活性炭としては、例えばメソフェーズピッチを原料とするアルカリ賦活炭を挙げることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】前記アルカリ賦活炭は高密度、高容量であって円筒型電気二重層コンデンサの静電容量を高める上で極めて有効であるが、その反面、前記のように充電により膨脅するため、帯状正、負極の変形等を生じて円筒型電気二重層コンデンサの性能が劣化するおそれがあった。なお、この膨脅は、充電電圧に応じて一定量進行し、定電圧充電状態では殆ど進行しない。また帯状正、負極の収縮量はそれらの膨脅量よりも小である。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は帯状正、負極における膨脅の絶対量を従来例よりも減少させると共にそれらの重量の絶対量を従来例と略同等に維持し、これにより性能の劣化を極力抑制し得るようにした前記円筒型電気二重層コンデンサを提供することを目的とする。

【0005】前記目的を達成するため本発明によれば、充電により膨脅する帯状正、負極間に1つのセパレータを介在させ、また前記帯状正、負極の一方に別のセパレータを重ね合せた重ね合せ物を、前記別のセパレータが最外側に位置するように渦巻状に巻回した電極巻回体と、その電極巻回体を収容する容器を備えた円筒型電気二重層コンデンサにおいて、前記正、負極の厚さを、巻始め側から巻終り側に向って減少させた円筒型電気二重層コンデンサが提供される。

【0006】電極巻回体において、その帯状正、負極の膨脅による最終的な厚さ増加率は、例えば中心部で約10%，中間部で約30%，外周部で約50%である。このように中心部における厚さ増加率が小さいのは、その中心部に、巻回による締付力が強く作用しているためであり、一方、外周部における厚さ増加率が大きいのは、電極巻回体および容器間にその電極巻回体の嵌込み用間隙が存在することに起因してその外周部に対する締付力が弱いからである。

【0007】そこで、帯状正、負極を前記のように構成すると、膨脅量の最も大きな外周部を最も薄く形成して電極巻回体全体の膨脅の絶対量を従来例に比べて減少させ、これにより、帯状正、負極の変形等を回避することができる。一方、最も膨脅量の小さな中心部の厚さを最も厚く形成して帯状正、負極の重量の絶対量を従来例と略同等に維持し得る。

【0008】これにより帯状正、負極の膨脅に起因した静電容量の減少、内部抵抗の上昇等の性能の劣化を極力抑制することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】図1において、円筒型電気二重層コンデンサ1は、A1製容器2と、その容器2内に収容された電極巻回体3と、その容器2内に注入された電解液とを有する。容器2は、有底筒型本体4と、その一端開口部を閉鎖する端子板5よりなり、その端子板5に正、負端子6, 7と安全弁8とが設けられている。

【0010】電極巻回体3は、正極積層帶9と負極積層帶10とを有する。その正極積層帶9は、アルミ箔よりなる帶状集電体11の両面に、それぞれ帯状分極性電極eを導電性接着剤を用いて貼付し、一方の帯状分極性電極eにPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)よりなる第1のセパレータ13を重ね合せたものである。これら一対の分極性電極eより帯状正極12が構成される。また第1のセパレータ13に電解液が含浸保持される。負極積層帶10は、アルミ箔よりなる帶状集電体14の両面に、それぞれ帯状分極性電極eを導電性接着剤を用いて貼付し、一方の帯状分極性電極eにPTFEよりなる第2のセパレータ16を重ね合せたものである。これら一対の分極性電極eより帯状負極15が構成される。また第2のセパレータ16に電解液が含浸保持される。

【0011】電極巻回体3の製造に当っては、正極積層帶9の、露出している帯状正極12に負極積層帶10の第2セパレータ16を重ね合せ、その重ね合せ物を、正極積層帶9の第1のセパレータ13が最外側に位置するように渦巻き状に巻回するものである。

【0012】帯状正極12および帯状負極15は、メソフェーズピッチを原料とするアルカリ賦活炭を主成分として構成され、したがって両極12, 15は充電により膨脹する。

【0013】電解液としては、ホウフッ化第4アンモニウム化合物、例えばTEMA・BF₄ [(C₂H₅)₃CH₃N·BF₄ (ホウフッ化トリエチルメチルアンモニウム)、溶質] のPC (プロピレンカーボネート、溶媒) 溶液が用いられる。

【0014】本発明は、前記のような円筒型電気二重層コンデンサ1において、帯状正、負極12、15の厚さを、巻始め側から巻終り側に向って減少させたものである。厚さ減少のため、具体的には、段階的に減少させる、または直線的に漸減させる、といった手段が採用される。

【0015】電極巻回体3において、その帯状正、負極12、15の膨脹による最終的な厚さ増加率は、図2に示すように、例えば中心部Aで約10%，中間部Bで約30%，外周部Cで約50%である。このように中心部Aにおける厚さ増加率が小さいのは、その中心部Aに、巻回による締付力が強く作用しているためであり、一方、外周部Cにおける厚さ増加率が大きいのは、電極巻回体3および有底筒型本体4間にその電極巻回体3の嵌込み用隙間が存在することに起因してその外周部Cに対する締付力が弱いからである。

【0016】そこで、帯状正、負極12、15を前記のように構成すると、膨脹量の最も大きな外周部Cを最も薄く形成して電極巻回体3全体の膨脰の絶対量を従来例に比べて減少させ、これにより、帯状正、負極12、15の変形等を回避することができる。一方、最も膨脰量の小さな中心部Aの厚さを最も厚く形成して帯状正、負極12、15の重量の絶対量を従来例と略同等に維持し得る。

【0017】これにより帯状正、負極12、15の膨脅に起因した静電容量の減少、内部抵抗の上昇等の性能の劣化を極力抑制することができる。

【0018】以下、具体例について説明する。

【0019】帯状正、負極12、15の主成分である、メソフェーズピッチを原料とするアルカリ賦活炭、実施例ではKOH賦活炭を次のような方法で製造した。

【0020】(a) 塊状をなすメソフェーズピッチに室温下で粉碎処理を施して平均粒径300μmの粉碎粉を製造し、次いで粉碎粉に、大気気流中、350°C、2時間の不融化解処理を施し、その後、粉碎粉に、窒素気流中、700°C、1時間の炭化処理を施して炭化粉を得た。(b) 炭化粉と、その炭素重量の2倍量のKOHとを混合し、次いで混合物に窒素雰囲気中、800°C、5時間のアルカリ賦活処理としてのカリウム賦活処理を施し、その後、混合物の、塩酸による中和、洗浄および乾燥といった後処理を行ってKOH賦活炭を得た。(c) KOH賦活炭にジェットミルによる粉碎処理を施して、平均粒径30μmの微細なKOH賦活炭を得た。以下、この微細KOH賦活炭を単にKOH賦活炭と言う。

【実施例I】KOH賦活炭、黒鉛粉末(導電フィラ)ならびにPTFEおよびPVDF(ポリフッ化ビニリデン、バインダ)を80:12:2:6の重量比となるように秤量し、次いでその秤量物に、その重量の5倍量のN-メチル-2-ピロリドン(溶剤)を加えて混合

よりPTFE(バインダ)を85:12.5:2.5の重量比となるように秤量し、次いでその秤量物を混練し、その後、混練物を用いて圧延を行い、厚さ200μm、170μmおよび150μmの3種の電極シートを作製した。図3に示すように、各電極シートから幅95mm、長さ500mmの複数の帯状体17、18、19を切り出し、これら3枚の帯状体17、18、19と、幅105mm、長さ1500mm、厚さ40μmの帯状集電体11と、導電性接着剤とを用い、またPTFEよりなる厚さ75μmの第1のセパレータ13を用いて正極積層帶9を製作した。この場合、厚さ200μmの両帶状体17が集電体11の長手方向一端側の両面に、また厚さ150μmの両帶状体19が集電体11の長手方向他端側の両面に、さらに厚さ170μmの両帶状体18が両帶状体17、19間に於いて集電体11の両面にそれぞれ配設され、これら帯状体17、18、19より帯状分極性電極eが構成され、また一対の分極性電極eより、一端から他端に向って厚さを2:1.7:1.5の割合で段階的に減少させた帯状正極12が構成される。

【0021】さらに、前記同様の3枚の帯状体17、18、19と、帯状集電体14と、導電性接着剤とを用い、また厚さ75μmの第2のセパレータ16を用いて負極積層帶10を製作した。この場合、厚さ200μmの両帶状体17が集電体14の長手方向一端側の両面に、また厚さ150μmの両帶状体18が集電体14の長手方向他端側の両面に、さらに厚さ170μmの両帶状体18が両帶状体17、19間に於いて集電体14の両面にそれぞれ配設され、これら帯状体17、18、19より帯状分極性電極eが構成され、また一対の分極性電極eより、一端から他端に向って2:1.7:1.5の割合で厚さを段階的に減少させた帯状負極15が構成される。

【0022】そして、正極積層帶9の、露出している帯状分極性電極eに負極積層帶10の第2のセパレータ16を重ね合せ、その重ね合せ物を、正極積層帶9の第1のセパレータ13が最外側に位置するように、厚さ200μmの帯状体17の端部aを中心に、図2に示すように反時計方向に渦巻き状に巻回して電極巻回体3を製造し、この電極巻回体3と、1.5モルのTEMA・BF₄をPC溶液に溶解した電解液とを内径50mm、長さ130mmの容器2の有底筒型本体4内に入れ、その開口部を端子板5を用いて閉鎖した。その閉鎖の際に正極積層帶9および負極積層帶10の両集電体11が端子板5の正端子6および負端子7にそれぞれ接続される。この円筒型電気二重層コンデンサ1を実施例(1)とする。

【実施例II】KOH賦活炭、黒鉛粉末(導電フィラ)ならびにPTFEおよびPVDF(ポリフッ化ビニリデン、バインダ)を80:12:2:6の重量比となるように秤量し、次いでその秤量物に、その重量の5倍量のN-メチル-2-ピロリドン(溶剤)を加えて混合

し、ペースト状電極混合物を得た。その電極混合物をドクタブレード法により、幅105mm、長さ1500mm、厚さ40μmの帯状集電体11の両面に幅95mm、長さ1500mm、厚さ220μmにそれぞれ塗布し、次いで圧延を行って、図4に示すように一端の厚さが200μm、他端の厚さが150μm、長手方向二等分位置の厚さが175μmであり、且つ一端から他端に向って厚さが直線的に減少する帯状分極性電極eを形成し、また一对の分極性電極eより帯状正極12を構成した。この場合の帯状正極12の勾配は(200-150)/1500である。さらに、一方の帯状分極性電極eに実施例I同様の第1のセパレータ13を重ね合せて正極積層帶9を構成した。

【0023】次に、前記同様の電極混合物をドクタブレード法により、幅105mm、長さ1500mm、厚さ40μmの帯状集電体14の両面に幅95mm、長さ1500mm、厚さ220μmにそれぞれ塗布し、次いで圧延を行って、前記同様に、一端の厚さが200μm、他端の厚さが150μm、長手方向二等分位置の厚さが175μmであり、且つ一端から他端に向って厚さが直線的に減少する帯状分極性電極eを形成し、また一对の分極性電極eより帯状負極15を構成した。この場合の帯状負極15の勾配は、前記同様に(200-150)/1500である。さらに、一方の帯状負極15に実施例I同様の第2のセパレータ16を重ね合せて負極積層帶10を構成した。

【0024】そして、正極積層帶9の、露出している帯状分極性電極eに負極積層帶10の第2のセパレータ16を重ね合せ、その重ね合せ物を、正極積層帶9の第1のセパレータ13が最外側に位置するように、最大厚さを持つ端部bを中心に、図2に示すように反時計方向に渦巻き状に巻回して、電極巻回体3を製造し、この電極巻回体3と、1.5モルのTEMA·BF₄をPC溶液に溶解した電解液とを内径50mm、長さ130mmの容器2の有底筒型本体4に入れ、その開口部を端子板5を用いて閉鎖した。その閉鎖の際に、正極積層帶9および負極積層帶10の両集電体11、14は、端子板5の正端子6および負端子7にそれぞれ接続される。この円筒型電気二重層コンデンサ1を実施例(2)とする。

【比較例】KOH賦活炭、黒鉛粉末(導電フィラ)ならびにPTFEおよびPVDF(バインダ)を80:12:2:6の重量比となるように秤量し、次いでその秤量物に、その重量の5倍量のN-メチル-2-ピロリドン(溶剤)を加えて混合し、ペースト状電極混合物を得た。その電極混合物をドクタブレード法により、幅105mm、長さ1500mm、厚さ40μmの帯状集電体11の両面に幅95mm、長さ1500mm、厚さ220μmにそれぞれ塗布し、次いで圧延を行って、図5に示すように全体に亘り175μmの厚さを有する帯状分極性電極eを形成し、また一对の分極性電極eより帯状正極12を構成した。この一方の帯状分極性電極eに実施例I同様の第1のセパレータ13を重ね合せて正極積層帶9を構成した。

【0025】次に、前記同様の電極混合物をドクタブレード法により、幅105mm、長さ1500mm、厚さ40μmの帯状集電体14の両面に幅95mm、長さ1500mm、厚さ220μmにそれぞれ塗布し、次いで圧延を行って、全体に亘り175μmの厚さを有する帯状分極性電極eを形成し、また一对の分極性電極eより帯状負極15を構成した。この一方の帯状負極15に実施例I同様の第2のセパレータ16を重ね合せて負極積層帶10を構成した。

【0026】そして、正極積層帶9の、露出している帯状分極性電極eに負極積層帶10の第2のセパレータ16を重ね合せ、その重ね合せ物を、正極積層帶9の第1のセパレータ13が最外側に位置するように図2に示すように渦巻き状に巻回して電極巻回体3を製造し、この電極巻回体3と、1.5モルのTEMA·BF₄をPC溶液に溶解した電解液とを内径50mm、長さ130mmの容器2の有底筒型本体4に入れ、その開口部を端子板5を用いて閉鎖した。その閉鎖の際に、正極積層帶9および負極積層帶10の両集電体11、14は、端子板5の正端子6および負端子7にそれぞれ接続される。この円筒型電気二重層コンデンサ1を比較例とする。

【電気二重層コンデンサの性能】表1は実施例(1)、(2)および比較例の初期性能を示す。

【0027】

【表1】

	初期性能	
	内部抵抗 (mΩ)	静電容量 (F)
実施例(1)	3.1	3020
実施例(2)	3.2	3026
比較例	4	2986

【0028】表1より、初期性能は実施例(1), (2)が比較例よりも若干優れていることが判る。

【0029】また、実施例(1), (2)および比較例について、30分間経過後における電極巻回体3の外径増加率を求めたところ表2の結果を得た。

【0030】

【表2】

	30分間経過後の電極巻回体の外径増加率
実施例(1)	0.5
実施例(2)	0.3
比較例	7.3

【0031】表2より、実施例(1), (2)は、帯状正、負極12, 15における膨脹の絶対量の減少を図られているため、比較例に比べて電極巻回体3の外径増加率が大幅に小さいことが判る。

【0032】次に、実施例(1), (2)および比較例について、実用寿命を考慮して、45°C雰囲気中にて2.5V, 1700時間の連続電圧印加を行って、それらの静電容量劣化率および内部抵抗上昇率を測定したところ、図6, 7の結果を得た。

【0033】図6, 7より、実施例(1), (2)は、帯状正、負極12, 15の変形等を回避され、またそれらの重量の絶対量を従来例と略同様に維持されているため、比較例に比べて静電容量劣化率および内部抵抗上昇率が共に小さく、高い実用寿命を有することが判る。な

お、静電容量劣化率および内部抵抗上昇率が長時間に亘って変化している原因是、帯状正、負極12, 15の膨脹に因るものではなく、ガス発生等に起因する。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、前記のように構成することによって、充電による帯状正、負極の膨脹に起因した性能の劣化を極力抑制し得るようにした円筒型電気二重層コンデンサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】円筒型電気二重層コンデンサの要部破断斜視図である。

【図2】図1の2-2線断面図である。

【図3】実施例における正極積層帯と負極積層帯との関係を示す説明図である。

【図4】他の実施例における正極積層帯と負極積層帯との関係を示す説明図である。

【図5】比較例における正極積層帯と負極積層帯との関係を示す説明図である。

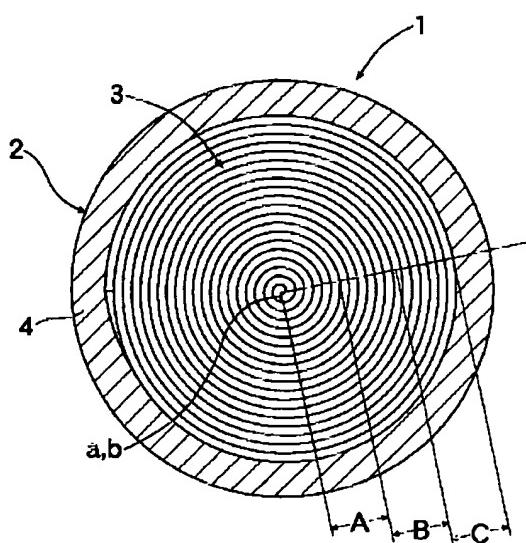
【図6】経過時間と静電容量劣化率との関係を示すグラフである。

【図7】経過時間と内部抵抗上昇率との関係を示すグラフである。

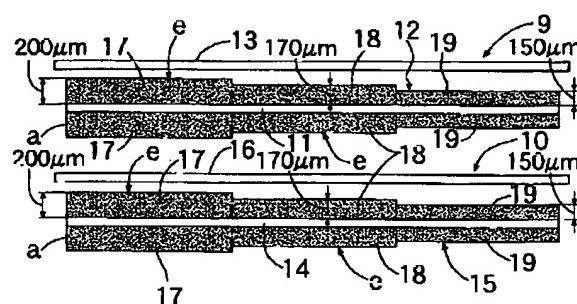
【符号の説明】

- 1 円筒型電気二重層コンデンサ
- 2 容器
- 3 電極巻回体
- 12 带状正極
- 13 第1のセパレータ
- 15 带状負極
- 16 第2のセパレータ

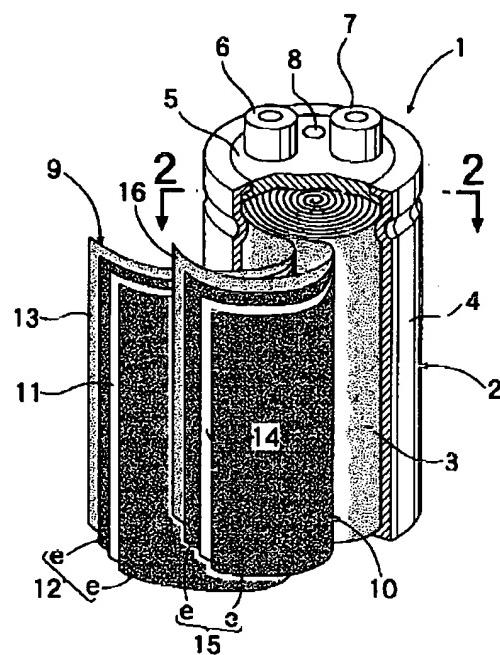
【図2】



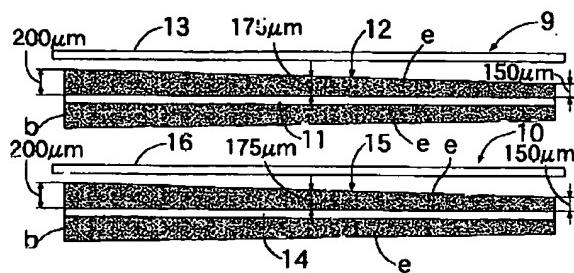
【図3】



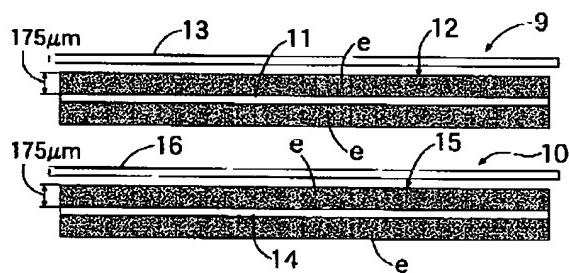
【図1】



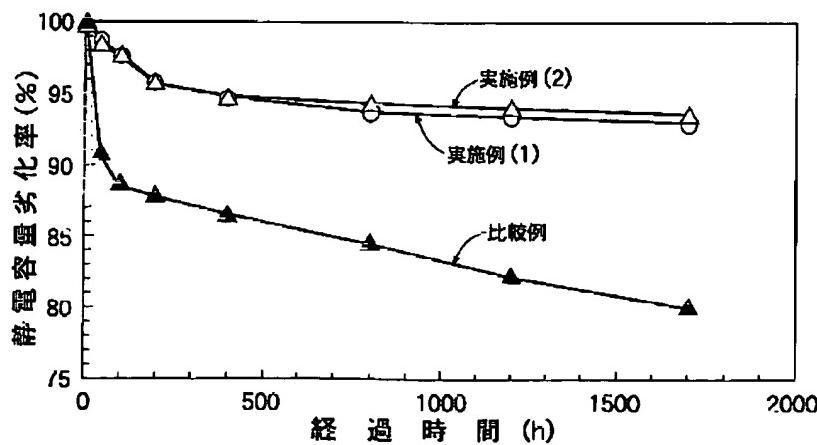
【図4】



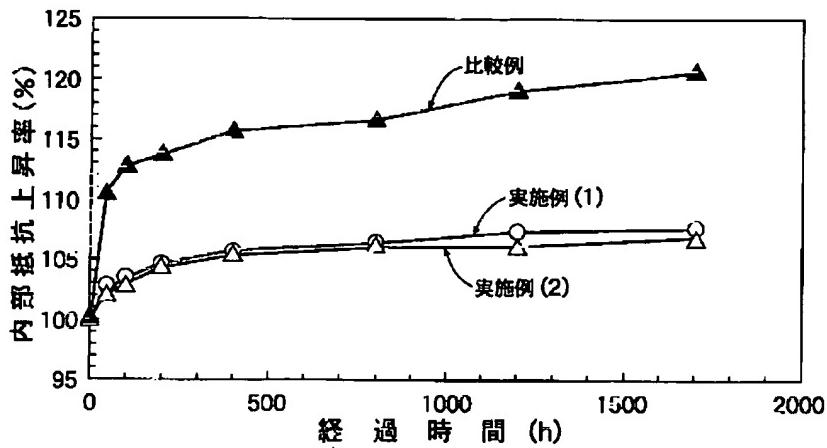
【図5】



【図6】



【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成12年10月18日(2000.10.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】電極巻回体3の製造に当っては、正極積層帶9の、露出している分極性電極eに負極積層帶10の第2セパレータ16を重ね合せ、その重ね合せ物を、正極積層帶9の第1のセパレータ13が最外側に位置するように、厚さ200μmの帯状体17の端部aを中心に、図2に示すように反時計方向に渦巻き状に巻回して電極巻回体3を製造し、この電極巻回体3と、1.5モルのTEMA・BF₄をPC溶液に溶解した電解液とを内径50mm、長さ130mmの容器2の有底筒型本体4に入れ、その開口部を端子板5を用いて閉鎖した。その閉鎖の際に正極積層帶9および負極積層帶10の両集電体11、14が端子板5の正端子6および負端子7にそれぞれ接続される。この円筒型電気二重層コンデンサ1を実施例(1)とする。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】さらに、前記同様の3枚の帯状体17、18、19と、帯状集電体14と、導電性接着剤とを用い、また厚さ75μmの第2のセパレータ16を用いて負極積層帶10を作製した。この場合、厚さ200μmの両帯状体17が集電体14の長手方向一端側の両面に、また厚さ150μmの両帯状体19が集電体14の長手方向他端側の両面に、さらに厚さ170μmの両帯状体18が両帯状体17、19間ににおいて集電体14の両面にそれぞれ配設され、これら帯状体17、18、19より帯状分極性電極eが構成され、また一对の分極性電極eより、一端から他端に向って2:1.7:1.5の割合で厚さを段階的に減少させた帯状負極15が構成される。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】そして、正極積層帶9の、露出している帯状分極性電極eに負極積層帶10の第2のセパレータ16を重ね合せ、その重ね合せ物を、正極積層帶9の第1のセパレータ13が最外側に位置するように、厚さ200μmの帯状体17の端部aを中心に、図2に示すように反時計方向に渦巻き状に巻回して電極巻回体3を製造し、この電極巻回体3と、1.5モルのTEMA・BF₄をPC溶液に溶解した電解液とを内径50mm、長さ130mmの容器2の有底筒型本体4に入れ、その開口部を端子板5を用いて閉鎖した。その閉鎖の際に正極積層帶9および負極積層帶10の両集電体11、14が端子板5の正端子6および負端子7にそれぞれ接続される。この円筒型電気二重層コンデンサ1を実施例(1)とする。

【実施例II】KOH賦活炭、黒鉛粉末(導電フィラ)ならびにPTFEおよびPVDF(ポリフッ化ビニリデン、バインダ)を80:12:2:6の重量比となるように秤量し、次いでその秤量物に、その重量の5倍量のN-メチル-2-ピロリドン(溶剤)を加えて混合し、ペースト状電極混合物を得た。その電極混合物をドクタブレード法により、幅105mm、長さ1500mm、厚さ40μmの帯状集電体11の両面に幅95mm、長さ1500mm、厚さ220μmにそれぞれ塗布し、次いで圧延を行って、図4に示すように一端の厚さが200μm、他端の厚さが150μm、長手方向二等分位置の厚さが175μmであり、且つ一端から他端に向って厚さが直線的に減少する帯状分極性電極eを形成し、また一

対の分極性電極eより帶状正極12を構成した。この場合の帶状正極12の勾配は(200-150)/150である。さらに、一方の帶状分極性電極eに実施例I

同様の第1のセパレータ13を重ね合せて正極積層帶9を構成した。